

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



IDEM JOB NO. 02-03-096

CERTIFICATION OF ACCURACY

I CERTIFY, UNDER PENALTY OF PERJURY UNDER THE LAWS OF THE UNITED STATES OF AMERICA THAT WE ARE COMPETENT IN ENGLISH AND IN GERMAN AND THAT THE FOLLOWING ARE, TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE AND BELIEF, A TRUE, CORRECT, COMPLETE AND ACCURATE TRANSLATIONS OF PATENT DOCUMENTS NUMBERED *DE 198 31 365 A1*; *DE 198 32 277 A1*; AND *DE 297 22 130 U1*.

MARCH 28, 2002

A handwritten signature in cursive script, reading 'Mary Grace Barasi', is written over a horizontal line.

MARYGRACE BARASI
IDEM TRANSLATIONS, INC.

① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 32 277 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 02 B 6/20
G 02 B 1/06
G 02 B 6/44

⑲ Aktenzeichen: 198 32 277.1
⑳ Anmeldetag: 17. 7. 98
㉑ Offenlegungstag: 17. 6. 99

⑥ Innere Priorität:
297 22 130. 2 15. 12. 97

⑦ Anmelder:
Nath, Günther, Dr., 82031 Grünwald, DE

⑧ Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤ UVC-Flüssigkeitslichtleiter

⑥ Die vorliegende Erfindung betrifft einen neuen Flüssigkeitslichtleiter für die Übertragung von UVC-Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 220 nm-280 nm. Der UVC-Lichtleiter kann an eine nicht kohärente Strahlungsquelle für UVC-Strahlung, wie z. B. eine Hg-Mitteldrucklampe, angekoppelt werden, wobei die vom Lichtleiter emittierte UVC-Strahlung z. B. zum photochemischen Aushärten von Klebern oder Lacken verwendet werden kann. Vorzugsweise ist der Lichtleiter flexibel. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der UVC-Flüssigkeitslichtleiter zwei konzentrisch angeordnete Schläuche aus Fluorkohlenstoff-Polymer, wobei der innere Schlauch eine Lösung aus NaH_2PO_4 in H_2O enthält, und der Raum zwischen den beiden Schläuchen ganz oder teilweise mit H_2O gefüllt ist.

DE 198 32 277 A 1

DE 198 32 277 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen neuen Flüssigkeitslichtleiter für die Übertragung von UVC-Strahlung, im Wellenlängenbereich von etwa 220nm-280nm. Der UVC-Lichtleiter kann an eine nicht kohärente Strahlungsquelle für UVC-Strahlung, wie z. B. eine Hg-Mitteldrucklampe angekoppelt werden, wobei die vom Lichtleiter emittierte UVC-Strahlung z. B. zum photochemischen Aushärten von Klebern oder Lacken verwendet werden kann. Vorzugsweise ist der Lichtleiter flexibel.

UVC-Lichtleiter sind seit langem bekannt. Sie bestehen aber im Gegensatz zum beanspruchten Flüssigkeitslichtleiter aus flexiblen Glasfaserbündeln. Die einzelnen Fasern dieser Bündel bestehen aus synthetischem Quarzglas (Brechzahl n_1) und sind mit einem fluoriertem Quarzglas (Brechzahl n_2) ummantelt, wobei ein maximaler optischer Aperturwinkel 2α von etwa 25°

$$(\sin \alpha = \sqrt{n_1^2 - n_2^2})$$

erreicht werden kann.

Derartige Quarzglas-Faserbündel-Lichtleiter werden z. B. von der Firma Schott hergestellt, sind sehr teuer und können wegen ihres geringen Aperturwinkels nur einen relativ kleinen Raumwinkelanteil eines inkohärenten UVC-Strahlers erfassen.

Es wäre daher wünschenswert, wenn man für die Übertragung von UVC-Strahlung Flüssigkeitslichtleiter, bestehend aus einem flüssigen Kern und einem Mantel aus Plastik, verwenden könnte, welche größere optische Aperturwinkel aufweisen und somit eine höhere Übertragungskapazität erlauben, und möglicherweise auch billiger herzustellen sind.

Der seit über 20 Jahren auf dem Markt befindliche Flüssigkeitslichtleiter für die Übertragung von UVA-Strahlung, bestehend aus einem Teflon® FEP Schlauch, gefüllt mit einer wässrigen CaCl_2 -Lösung ($n = 1,435$) wie in P 24 06 424 beschrieben, weist zwar im UVA-Bereich (320nm-400nm) eine hohe Transmission und gute photochemische Stabilität auf, ist aber infolge photochemischer Zersetzung, z. B. bei $\lambda = 250$ nm nicht für die Übertragung von UVC-Strahlung geeignet.

Durch Verschiebung des pH-Wertes der wässrigen CaCl_2 -Lösung vom sauren in den alkalischen Bereich kann man die photochemische Stabilität und somit die Konstanz der Transmission bis in den UVB-Bereich hinein (280nm-320nm) ausdehnen, (siehe DE OS 195 18 147 oder US-Patent 5.737.473). Aber selbst diese stabilisierte Lösung zersetzt sich bei intensiver Bestrahlung im UVC-Bereich.

In der deutschen Patentanmeldung DE-OS 40 14 363, 5 werden Flüssigkeitslichtleiter mit alternativen Flüssigkeiten für stabile Übertragung von Strahlung im UVB Bereich angegeben, die aus der Gruppe der wässrigen Phosphatlösungen stammen, wie z. B. wässrige Lösungen aus K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 und Na_2HPO_4 .

Nachteilig ist bei diesen Lösungen, daß sich der optische Brechungsindex wegen Salzausfalls in der Kälte nicht so hoch einstellen läßt wie bei den Lösungen bestehend aus $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$, so daß der maximale optische Aperturwinkel unbefriedigend ist. Ein weiterer Nachteil dieser wässrigen Phosphatlösungen besteht darin, daß sie einen partiellen Wasserdampfdruck besitzen, der wesentlich über dem der wässrigen CaCl_2 -Lösungen liegt, so daß die Flüssigkeitslichtleiter mit Phosphatlösungen in Teflon® FEP Schläuchen trotz der äußerst geringen H_2O -Dampfpermeabilität der Fluorkohlenstoff-Polymere bereits nach ca. einem Jahr Bläschen entwickeln, was für die Strahlungstransmission prohi-

bitiv ist.

Nachdem die Firma DuPont und später die Firma Ausimont neue hochtransparente und extrem niedrig brechende Fluorpolymere auf den Markt gebracht haben (Teflon® AF, Hyflon® AD), ist es möglich geworden, totalreflektierende Innenoberflächen bei Flüssigkeitslichtleitern zu verwenden, deren Brechungsindex wesentlich niedriger ist, als der von Teflon® FEP. Dadurch erhalten die Flüssigkeitslichtleiter mit Phosphatlösungen akzeptable maximale Aperturwinkel 2α im Bereich von über 50°.

Da mit diesen neuen "amorphen" Fluorpolymeren von Dupont und Ausimont aus flüssiger Phase ein Teflon® Schlauch innen beschichtet werden kann, wirken sie auch als Politur für die Innenflächen der extrudierten Teflon® Schläuche, so daß vor allem für kurzwellige UV-Strahlung die Reflexionsbedingungen verbessert werden.

In den DE-OS 40 24 445 und 42 33 087 sowie der GP PS 2 248 312 werden Flüssigkeitslichtleiter beschrieben, welche Teflon® AF als innere Manteloberfläche verwenden. In der DE-OS 40 24 445 wird erwähnt, daß Fluoridlösungen, wie z. B. KF in H_2O , für kurzwellige UV-Strahlung geeignet sind. Fluoridlösungen haben allerdings den Nachteil, daß die erreichbaren und praktikablen Brechungsindizes der Lösungen nicht wesentlich über dem Wert von $n = 1,35-1,36$ liegen, und daß diese Lösungen außerdem die beiden Quarzglassstöpsel, mit denen die Flüssigkeitslichtleiter an beiden Enden abgedichtet werden, auflösen. Da diese Quarzstöpsel jedoch als optische Fenster dienen, wird ihre optische Transmission durch Auflösen der polierten Glasflächen beeinträchtigt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand also darin, aus der Vielzahl der in der Literatur erwähnten möglichen Lichtleiterflüssigkeiten für den UVA- und UVB-Bereich, eine Flüssigkeit zu finden, welche sogar noch im UVC-Bereich als Lichtleiterflüssigkeit verwendet werden kann.

Hierbei sind folgende Eigenschaften für die Flüssigkeit erforderlich:

1. Die Flüssigkeit sollte im UVC-Bereich (280nm $\geq \lambda \geq 220$ nm) transparent sein, und zwar bei Schichtdicken bis zu 2000nm. Anders ausgedrückt: die Transparenz im UVC-Bereich sollte möglichst nahe an der von Reinstwasser liegen.
2. Die Flüssigkeit für UVC-Lichtleiter sollte einen Brechungsindex haben, der mindestens so hoch ist, daß ein optischer Aperturwinkel 2α von etwa 50° zu erreichen ist. Dieser Wert soll erreicht werden bei einem Brechungsindex der total reflektierenden Manteloberfläche von $n = 1,29-1,325$. Nur dann sind die Biegeverluste eines Lichtleiters mit typisch 5mm lichtaktivem Durchmesser noch akzeptabel.
3. Die Flüssigkeit sollte sich über lange Zeiträume bei Dauerbestrahlung mit einer UVC-Lichtquelle (z. B. einer Hg-Mitteldrucklampe) nicht zersetzen, d. h. die Flüssigkeit muß in dem extrem photochemisch aktiven UVC-Bereich stabil bleiben. Diese Forderung hängt eng mit der Forderung 1. zusammen. Organische Flüssigkeiten (mit Ausnahme weniger zu niedrig brechender perfluorierter Flüssigkeiten) weisen im UVC-Bereich keine photochemische Stabilität auf und entfallen somit als Lichtleiterflüssigkeit in diesem Spektralbereich.
4. Der mit der UVC-Flüssigkeit gefüllte Flüssigkeitslichtleiter sollte Temperaturen bis mindestens -10°C ohne Salzausfall überstehen.
5. Es wäre wünschenswert, wenn die Flüssigkeit aus markt- und sicherheitstechnischen Gründen außerdem

noch physiologisch unbedenklich wäre.

Aus der Vielzahl der in der Literatur für den UVA- und UVB-Bereich erwähnten Lichtleiterflüssigkeiten hat sich für den UVC-Bereich nur eine einzige Flüssigkeit als geeignet erwiesen, nämlich eine wässrige Lösung von NaH_2PO_4 .

Um dies zu veranschaulichen, wurden UV-Transmissionsmessungen von verschiedenen wässrigen Salzlösungen durchgeführt, wobei die Schichtdicke 10 cm betrug, und für jede Salzlösung ein Brechungsindex von $n = 1,335$ eingestellt wurde, also ein Wert, der nur 2/1000 über dem von H_2O liegt. Für diese Messungen wurden nur Substanzen der höchsten Reinheitsstufe (suprapur) verwendet, einschließlich des Lösungsmittels H_2O . Die spezifischen Salze sind der Patendliteratur für UVB-Flüssigkeitslichtleiter entnommen. Man kann auf diese Weise sehr genau die absolute Lage der jeweiligen UV-Absorptionskante ermitteln, wobei eventuell noch vorhandene Verunreinigungen im ppm-Bereich sich in der Lage der UV-Kante nicht mehr bemerkbar machen.

Die Abb. 1 zeigt die relative Lage der UV-Abfallkanten der gemessenen Salzlösungen zueinander und auch in Relation zu der UV-Absorptionskante von Reinstwasser. Aus Abb. 1 ist auch zu entnehmen, daß die aus dem UVA- und UVB-Bereich bekannten Salzlösungen auch für den UVC-Bereich geeignet sein könnten, weil deren Transparenz im Bereich von 220nm–280nm in etwa vergleichbar gut ist.

Es hat sich aber herausgestellt, daß mit einer Ausnahme, nämlich $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$, alle anderen Flüssigkeiten gravierende Nachteile aufweisen.

So reagieren die wässrigen Lösungen von K_2HPO_4 (wegen ihrer starken Basizität) und KI (wegen der Anwesenheit von HI) mit den Oberflächen der Quarzglasfenster. Als Folge davon treten nach ca. einem Jahr Trübungen an den optischen Fenstern auf, welche die Transmission der Lichtleiter stark reduzieren. Außerdem weisen hochkonzentrierte Lösungen von KF nur geringe Brechungsindizes ($\leq 1,36$) auf, so daß nur unzureichende Aperturwinkel erreichbar sind. Darüber hinaus sind sie physiologisch bedenklich.

Wässrige Lösungen aus CaCl_2 sind – wie eingangs erwähnt – im UVC-Bereich photochemisch nicht stabil. Bei einem Dauerbestrahlungsversuch eines Flüssigkeitslichtleiters auf Basis von $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ mit einer ungefilterten 25-Watt Hg-Hochdrucklampe, sinkt nämlich die Transmission des Lichtleiters bei $\lambda = 250\text{nm}$ (T_{250}) schon nach 45 Stunden von ursprünglich 57% auf 1% ab. (siehe Tabelle 1a).

Die bereits erwähnten Salzlösungen auf Phosphatbasis, nämlich K_3PO_4 , KI_2PO_4 und Na_2HPO_4 erfüllen ebenfalls nicht die gestellten Kriterien. Die Löslichkeiten von KH_2PO_4 und Na_2HPO_4 in H_2O sind so gering, daß keine auch nur annähernd brauchbaren Brechungsindizes erreicht werden können. Darüber hinaus sind wässrige Lösungen von K_3PO_4 noch basischer als Lösungen von K_2HPO_4 , so daß auch in diesem Fall die optischen Quarzglasfenster angelöst werden.

Aus der Vielzahl der beschriebenen Salzlösungen verbleibt somit lediglich die wässrige Lösung von NaH_2PO_4 . Überraschenderweise hat sich nämlich herausgestellt, daß diese Lösung von NaH_2PO_4 alle Kriterien 1.–5. in befriedigender Weise erfüllt. Darüber hinaus ist die Transparenz im Vergleich zu den Lösungen c–e der Abb. 1 optimal.

Ein Aperturwinkel von mindestens 50° läßt sich mit dieser NaH_2PO_4 -Lösung erreichen, da ein Brechungsindex im Bereich von $n = 1,38$ – $1,39$ einstellbar ist. Eine solche Lösung bleibt auch bei -10°C stabil, d. h. es findet kein Salzausfall statt. Außerdem ist die NaH_2PO_4 -Lösung im UVC-Bereich photochemisch stabil. Ein Dauerbestrahlungsversuch eines Flüssigkeitslichtleiters mit der $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$ -

Lösung ($n = 1,38$) mit einer 25-Watt UVC-Lichtquelle von bis zu 336 Stunden zeigt eine konstante Transmission von etwa 65% bei der Testwellenlänge $\lambda = 250\text{nm}$. (siehe Tab. 1b).

Darüber hinaus ist die Lösung physiologisch unbedenklich, und da sie sauer reagiert ($\text{pH} = 4$ – 5), werden auch nicht die Quarzglasfenster angelöst.

Abb. 2 zeigt die optische Transmissionskurve eines UVC-Flüssigkeitslichtleiters mit 1000mm Länge und einem lichtaktiven Kern von 5mm Durchmesser, bestehend aus einem Teflon® FEP Schlauch ($\varnothing_1 = 5\text{mm}$; $\varnothing_2 = 6\text{mm}$), gefüllt mit einer wässrigen NaH_2PO_4 -Lösung ($n = 1,38$). Der FEP-Schlauch ist auf seiner Innenoberfläche mit einer 3µ dicken Teflon® AF 1600-Schicht ($n = 1,31$) beschichtet. Der Lichtleiter ist an beiden Enden durch zylindrische SiO_2 -Fenster abgedichtet. Der einfallende Meß-Strahl hatte eine Divergenz von 25° . Die gestrichelte Kurve in Abb. 2 zeigt vergleichsweise die Transmission eines Quarzfaserbündels UVC-Lichtleiters mit gleicher Dimension und unter gleichen Meßbedingungen. Man erkennt die deutliche Überlegenheit des UVC-Flüssigkeitslichtleiters.

Der einzige Nachteil, den der Flüssigkeitslichtleiter mit der NaH_2PO_4 -Lösung aufweist, besteht darin, daß der partielle Wasserdampfdruck der Lösung mit $n = 1,38$ – $1,39$ einer relativen Feuchte von etwa 80% entspricht. Bei einer relativen Feuchte der Umgebung von üblicherweise etwa 60% gibt es eine wenn auch sehr langsame Diffusion von H_2O -Dampf durch die Wand des Teflon® FEP-Schlauches in die Atmosphäre. Als Folge dieser Diffusion von Wasserdampf durch die permeable Plastikwand entstehen in dem erfindungsgemäßen UVC-Lichtleiter nach 9–12 Monaten Bläschen mit der Folge einer rapiden Transmissionsabnahme. Dieser Diffusionsprozeß von H_2O -Dampf durch die Schlauchwand des Lichtleiters kann verlangsamt werden, wenn man die Wandstärke des Teflon® FEP-Schlauches, die üblicherweise aus Gründen der Flexibilität zwischen 3/10mm und 5/10mm liegt, auf mehr als das Doppelte erhöht. Die bläschenfreie Lebensdauer des Lichtleiters würde so proportional mit der Verdickung der Wandstärke des Teflonschlauches erhöht werden. Allerdings muß dann eine Reduzierung der Flexibilität des Lichtleiters in Kauf genommen werden.

Eine Alternative zur Erhöhung der Lebensdauer des UVC-Lichtleiters mit NaH_2PO_4 -Lösung besteht darin, daß man den Lichtleiter in einer konzentrischen Anordnung aus zwei Teflonschläuchen herstellt, wobei sich im Raum zwischen den beiden Teflonschläuchen, der nur wenige 1/10 mm betragen kann, Wasser oder eine wässrige Lösung befindet, deren partieller Wasserdampfdruck größer ist als der der lichtleitenden NaH_2PO_4 -Lösung im inneren Teflonschlauch. Eine derartige Anordnung ist in Abb. 3 dargestellt. Die NaH_2PO_4 -Lösung 1 befindet sich im Innern des FEP-Schlauches 3, der an beiden Enden durch zylindrische Quarzglasstöpsel 2a, 2b abgedichtet ist. Der FEP Schlauch 3 hat typische Maße: 5mm \varnothing_1 ; 6mm \varnothing_2 .

Konzentrisch zu dem FEP-Schlauch 3 ist ein zweiter FEP-Schlauch 4 angeordnet, der z. B. die Maße 6,4 \varnothing_1 ; 7,0 \varnothing_2 hat, also dünnwandiger ist als der innere FEP-Schlauch 3 und einen Zwischenraum 5 bildet von im Mittel 2/10 mm. Sowohl der Außenschlauch 4 als auch der Innenschlauch 3 sind durch eine einzige O-Ring-Dichtung 6a, 6b mit den Abschlußfenstern 2a und 2b flüssigkeitsdicht verpreßt. Statt der O-Ringe 6a, 6b können auch metallische Krimp-hülsen verwendet werden, wobei mit einem Krimpwerkzeug und einer einzigen Krimpbülse beide Schläuche 3 und 4 gleichzeitig mit dem jeweiligen Fenster 2a oder 2b verpreßt werden. In dem Raum 5 zwischen der beiden Schläuchen 3 und 4 befindet sich Wasser oder eine wässrige Lösung, deren partieller

Wasserdampfdruck größer ist als der der lichtleitenden NaH_2PO_4 -Lösung. Der innere FEP Schlauch 3 ist auf seiner Innenoberfläche in hier nicht dargestellter Weise mit einer ca. 3μ dicken Teflon® AF-Schicht ausgekleidet oder einer Schicht aus einem anderen hochtransparenten, perfluorierten Material, dessen Brechungsindex kleiner als 1,33 ist, wie z. B. Hyflon®AD.

Wichtig für die Erhöhung der Lebensdauer des NaH_2PO_4 -UVC-Lichtleiters auf den Zeitraum von 5-10 Jahren, auch in Ländern mit geringer Feuchtigkeit (Kalifornien), ist die Tatsache, daß nicht nur der Innenschlauch 3 aus einem Fluorkohlenstoff-Polymer, wie Teflon® FEP, Hyflon® MFA oder THV (3M), besteht, sondern auch der äußere Schlauch 4, weil unter den flexiblen Plastikschläuchen, so wie sie für Flüssigkeitslichtleiter erforderlich sind, solche aus Fluorkohlenstoff-Polymeren die geringsten Permeabilitäten für Wasserdampf aufweisen. Der Schlauch 4 kann eine Wandstärke besitzen, die nur 2/10- 5/10 mm beträgt, weil die Wasserschicht in dem Raum zwischen den Schläuchen 3 und 4 durchaus Bläschen bekommen darf. Die Wirkung der konzentrischen Schlauchanordnung ist nämlich auch dann gegeben, wenn der Raum zwischen den Schläuchen 3 und 4 nur partiell mit Wasser gefüllt ist. Außerdem reduziert ein im Vergleich zu Schlauch 3 dünnwandiger Schlauch 4 die Flexibilität des Lichtleiters nur unwesentlich. Um die Wirksamkeit der Doppel-Teflonschlauch-Anordnung zu verifizieren, wurde folgender Versuch gemacht:
Ein UVC-Lichtleiter in folgender Ausführung:
Innenschlauch 3: Teflon® FEP: $5\varnothing_1 \times 6\varnothing_2 \times 3000$
Füllung 1: NaH_2PO_4 in H_2O , $n = 1,38$
Außenschlauch 4: Teflon® FEP: $6,4\varnothing_1 \times 7,0\varnothing_2 \times 3000$
Flüssigkeit zwischen Schlauch 3 und 4: H_2O
wurde in einem Dauerversuch im Wärmeofen auf 50°C gehalten. Ebenso wurde ein Kontrolllichtleiter behandelt mit identischem Innenschlauch 3 und identischer Füllung 1 aber ohne Außenschlauch 4 und somit auch ohne Wasserschicht 5. Während der Doppelschlauch-Lichtleiter auch nach 6 Monaten noch keine Blasenbildung und somit auch noch konstante Transmission aufwies, zeigten sich bei dem Kontrolllichtleiter bereits nach zwei Wochen Bläschen, die rasch größer wurden.

Da bei dem eben beschriebenen Wärmetest die Wasserdampf-Diffusionsprozesse wesentlich beschleunigt werden, erlaubt dieser Test eine zulässige Extrapolation der Lebensdauer des erfindungsgemäßen UVC-Lichtleiters auf mehrere Jahre unter normalen Umgebungsbedingungen.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Doppelschlauch-Lichtleiters mit H_2O -Zwischenschicht läuft wie folgt ab:

Erster Schritt: Der Außenschlauch 4, der eine beliebige Länge haben kann wird zunächst mit H_2O gefüllt und an einem Ende abgedichtet.

Zweiter Schritt: Die Innenseele des Lichtleiters bestehend aus Schlauch 3, lichtleitender Flüssigkeit 1 und den Fenstern 2a und 2b wird in konventioneller Weise hergestellt.

Dritter Schritt: Die Innenseele wird in den mit H_2O gefüllten Außenschlauch 4 hineingeschoben bis zur Bündigkeit der beiden Schlauchenden, wobei Wasser aus Schlauch 4 verdrängt wird.

Vierter Schritt: An der Bündigkeitsstelle wird die erste Dichtung in Form einer O-Ring Quetsche oder einer Krimphülse angebracht, so daß beide konzentrische Schlauchenden einseitig mit dem Lichtleiterfenster verpreßt sind.

Fünfter Schritt: Schlauch 4 wird in etwa bündig mit dem zweiten Lichtleiterfenster bzw. dem Ende von Schlauch 3 abgeschnitten.

Sechster Schritt: Die zweite Dichtung kann jetzt analog der ersten durchgeführt werden. Die nahezu vollständig mit H_2O ausgefüllte Zwischenschicht 5 ergibt sich aufgrund die-

ser Vorgehensweise ohne Schwierigkeiten von selbst.

Patentansprüche

1. Flüssigkeitslichtleiter für den UVC-Bereich von 220nm bis 280nm umfassend einen Teflon® FEP- oder einen Hyflon® MFA-Lichtleiterschlauch (3) welcher innen mit einem Fluorpolymer beschichtet ist, wobei die Schichtdicke $> 1\mu$ beträgt und der Brechungsindex des Beschichtungsmaterials unterhalb von 1,333 liegt, dadurch gekennzeichnet, daß als lichtleitende Flüssigkeit (1) eine wäßrige Lösung von NaH_2PO_4 verwendet wird.
2. Flüssigkeitslichtleiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtleitende Flüssigkeit (1) einen Brechungsindex von unter 1,40 aufweist.
3. Flüssigkeitslichtleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die wäßrige Lösung eine Konzentration von 2,5 bis 6,5 mol/l NaH_2PO_4 aufweist.
4. Flüssigkeitslichtleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiterschlauch (3) unummantelt ist und daß zwischen Mantel (4) und Lichtleiterschlauch (3) sich Wasser (5) oder eine wäßrige Lösung (5) befindet, deren partieller Wasserdampfdruck größer als oder gleich wie der der lichtleitenden NaH_2PO_4 -Lösung ist.
5. Flüssigkeitslichtleiter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Mantels (4) maximal 1 mm, vorzugsweise nicht mehr als 0,5 mm, größer ist als der Außendurchmesser des Lichtleiterschlauches (3) und daß der Mantel (4) ebenfalls ein Schlauch ist, welcher konzentrisch um den Lichtleiterschlauch (3) angeordnet ist.
6. Flüssigkeitslichtleiter nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantelschlauch (4) ein Fluorpolymer enthält oder aus diesem besteht.
7. Flüssigkeitslichtleiter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantelschlauch (4) aus Teflon® FEP, Teflon® PTFE, Hyflon® MFA, Teflon® PFA, Teflon® PCTFE, Teflon® ETFE, THV (3M) oder einem Fluorlastomer besteht.
8. Flüssigkeitslichtleiter nach einem der Ansprüche 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Mantelschlauches (4) geringer ist als die Wandstärke des Lichtleiterschlauches (3).
9. Flüssigkeitslichtleiter nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiterschlauch (3) zusammen mit dem Mantelschlauch (4) mit einer einzigen Krimphülse oder einer einzigen O-Ring-Quetschdichtung (6a, 6b) mit den zylindrischen Quarzfenstern (2a, 2b) des Lichtleiters verpreßt sind.
10. Flüssigkeitslichtleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Lichtleiterschlauches (3) mindestens 0,75 mm beträgt und dieser nicht unummantelt ist.
11. Verwendung einer wäßrigen NaH_2PO_4 -Lösung mit einem Brechungsindex unterhalb von 1,4 und/oder einer Konzentration von 2,5 bis 6,5 mol/l als lichtleitende Flüssigkeit in einem UVC-Lichtleiter im Wellenlängenbereich von 220nm bis 280nm.
12. Verfahren zur Herstellung eines UVC-Flüssigkeitslichtleiters nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) der innere Lichtleiterschlauch (3) mit der wäßrigen NaH_2PO_4 -Lösung (1) gefüllt und an beiden Enden mit Quarzstüpseln (2a, 2b) abgedichtet wird;

- b) der äußere Mantelschlauch (4) an einem Ende abgedichtet und mit Wasser oder einer wäßrigen Lösung gefüllt wird;
- c) der innere Lichtleiterschlauch (3) in den äußeren mit Wasser oder Lösung gefüllten Mantelschlauch (4) hineingeschoben wird bis Bündigkeit besteht, wobei er Wasser bzw. Lösung aus dem äußeren Mantelschlauch (4) verdrängt;
- d) an der Bündigkeitsstelle eine erste Dichtung in Form einer O-Ring Quetsche (6a, 6b) oder einer Krimphülse angebracht wird, so daß beide konzentrischen Schlauchenden einseitig mit dem ersten Lichtleiterfenster verpreßt sind;
- e) der äußere Mantelschlauch (4) mit dem zweiten Lichtleiterfenster in etwa bündig abgeschnitten und die zweite Dichtung analog der ersten Dichtung angebracht wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Abb. 1

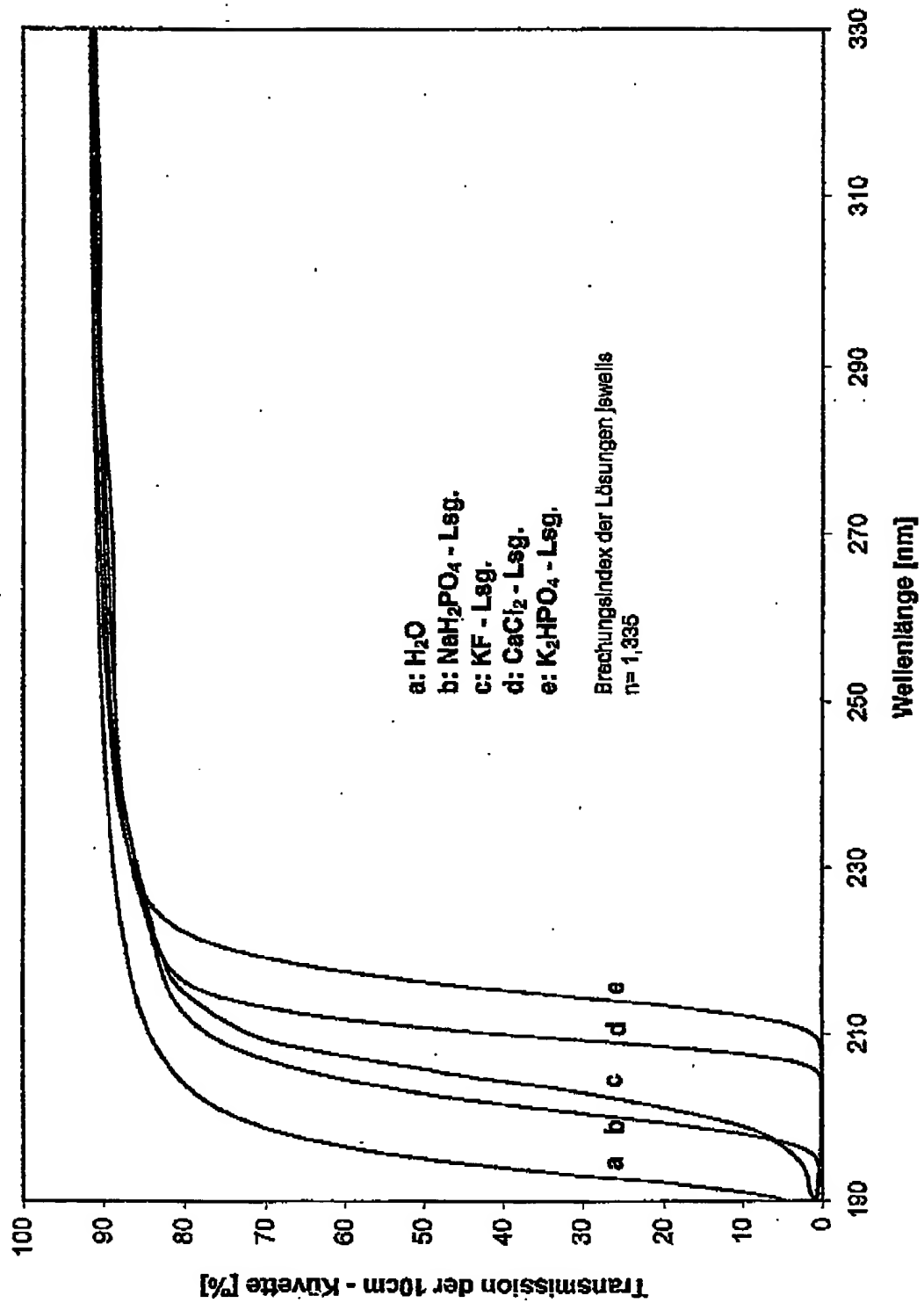


Abb. 2

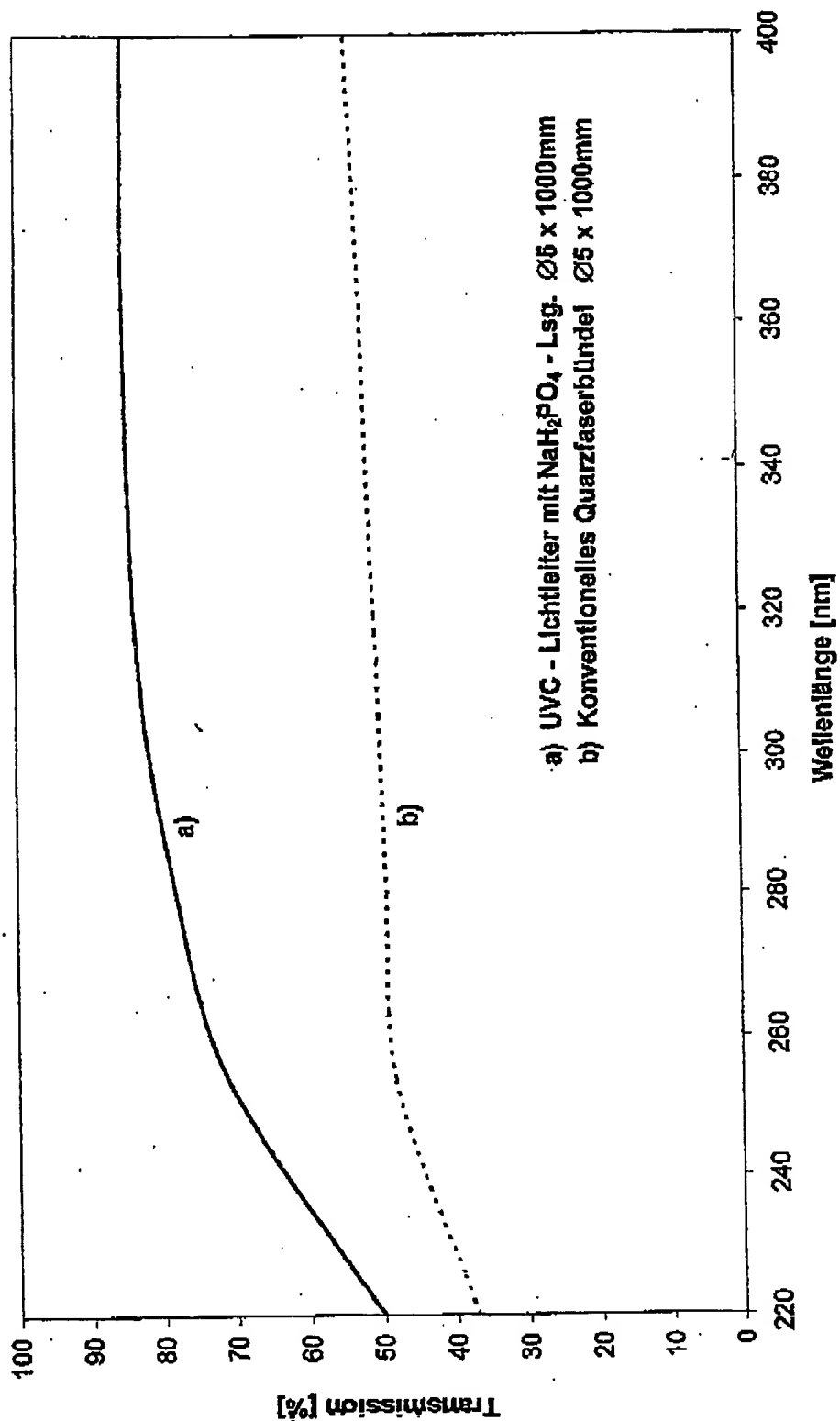
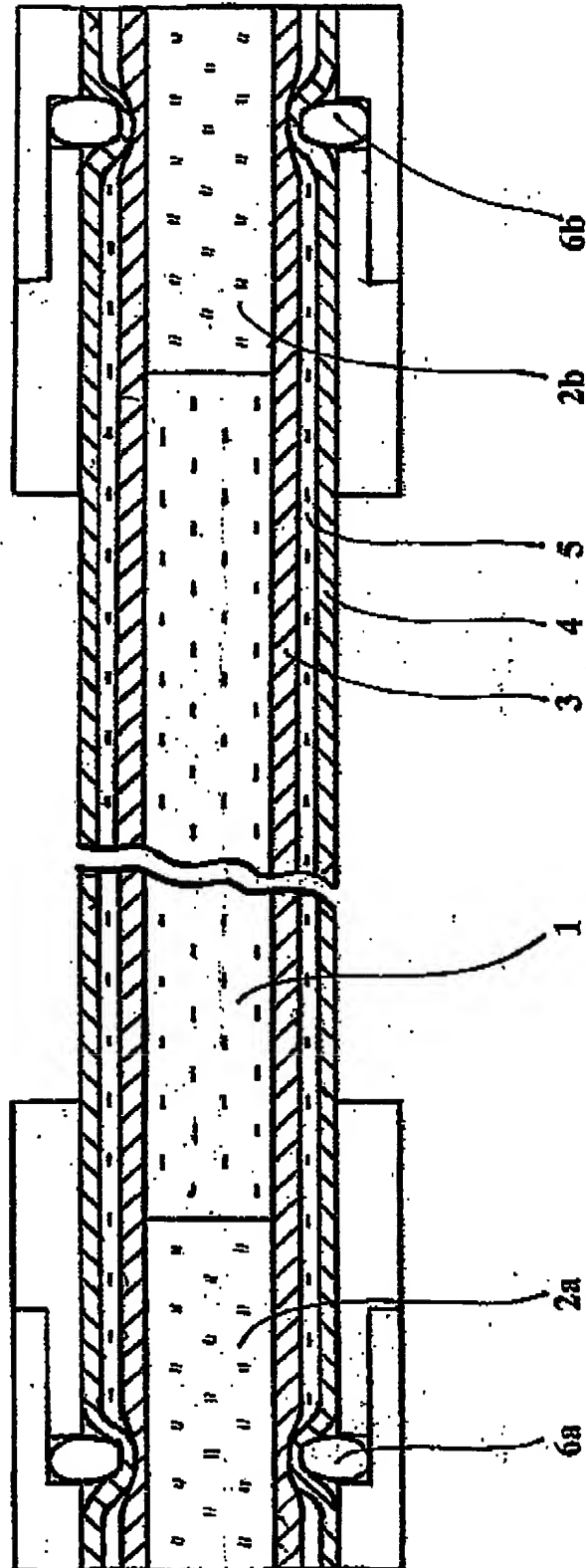


Abb.3



Tab. 1

Lichtleiter - Dauertest an 25W UVC - Lichtquelle „Q25 Heraeus“

a) CaCl_2 - Lsg.
pH8

Zeit	T ₂₅₀
0h	57%
5h	40%
21h	18%
45h	1%

b) NaH_2PO_4 - Lsg.

Zeit	T ₂₅₀
0h	64%
24h	67%
144h	65%
336h	66%

IDEM No. 02-03-096B PAGE 1

(19) **Federal Republic
of Germany**
[Eagle]
**German
Patent Office**

(12) **Published Patent Application**
(10) **DE 198 32 277 A1**

(51) Int. Cl.⁶
G 02 B 6/20
G 02 B 1/06
G 02 B 6/44

(21) File Number: 198 32 277.1
(22) Application Date: 7/17/98
(43) Publication Date: 6/17/99

(60) Internal priority:
297 22 130.2 12/15/97

(72) Inventor
Same as applicant

(71) Applicant:
Nath, Guenther, Dr., 82031 Gruenwald, DE

The following information is taken from the documents submitted by the applicant

(54) UVC liquid light conductor

(57) This invention concerns a new liquid light conductor for the transmission of UVC radiation in the wave length range of approximately 220 nm – 280 nm. The UVC light conductor can be coupled to an incoherent radiation source for UVC radiation such as, for example, a medium-pressure HG lamp, where the UVC radiation emitted can be used, for example, for photochemical hardening of adhesives or paints. Preferably, the light conductor is flexible. In a preferred embodiment, the UVC liquid light conductor contains two concentrically arranged tubes of fluorocarbon polymer, where the inner tube contains a solution of NaH_2PO_4 in H_2O , and the space between the two tubes is entirely or partially filled with H_2O .

IDEM No. 02-03-096B PAGE 2

Description

This invention concerns a new liquid light conductor for the transmission of UVC radiation in the wave length range of approximately 220 nm – 280 nm. The UVC light conductor can be coupled to an incoherent radiation source for UVC radiation such as, for example, a medium-pressure HG lamp, where the UVC radiation emitted can be used, for example, for photochemical hardening of adhesives or paints. Preferably, the light conductor is flexible.

UVC light conductors have long been known. They consist, however, in contrast to the liquid light conductor claimed, of flexible fiberglass bundles. The individual fibers of these bundles consist of synthetic quartz glass (refractive index n_1) are surrounded with fluorine doped quartz glass (refractive index n_2) for a maximum optimum aperture angle 2_α of about 25° can be reached

[see original for formula]

Such quartz glass bundled fiber light conductors are manufactured, for example, by the Schott company and are very expensive and, due to a low angle of aperture, can include only a relatively small spatial portion of an incoherent UVC radiation source.

It would therefore be desirable if, for the transmission of UVC radiation, liquid light conductors consisting of a liquid core and a plastic sheath could be used, which have greater optical aperture angles and thus permit a higher transmission capacity and possibly are less expensive to manufacture.

The liquid light conductor that has been on the market for over 20 years for the transmission of UVA radiation, consisting of a Teflon® FEP tube filled with an aqueous CaCl_2 solution ($n = 1.435$), as described in P 24 06 424, indeed has in the UVA range (320 nm – 400 nm) a high transmission rate and good photochemical stability, but, as a result of photochemical decomposition, for example at $\lambda = 250$ nm, is not suitable for the transmission of UVC radiation.

By shifting the pH value of the aqueous CaCl_2 solution from acid into the alkaline range, the photochemical stability and thus the constancy of the transmission can be extended into the UVB range (280 nm – 320 nm) (see DE-OS 195 18 147 or US patent 5,737,473). But even this stabilized solution decomposes in the case of intensive radiation in the UVC range.

In German Patent Application DE-OS 40 14 363.5, liquid light conductors with alternative liquids for the stable transmission of radiation in the UVB range are indicated, which stem from the group of aqueous phosphate solutions such as, for example, aqueous solutions of K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 and Na_2HPO_4 .

It is disadvantageous in these solutions that the optical refractive index cannot be set as high as in the case of solutions consisting of $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$, due to the precipitation of salt at low temperatures, so that the maximum optical aperture angle is unsatisfactory. A further disadvantage of these aqueous phosphate solutions consists in the fact that they have a partial water vapor pressure that is substantially above that of the aqueous CaCl_2 solutions, so that the liquid light conductors with phosphate solutions in Teflon® FEP tubes, in spite of the extremely H_2O vapor permeability of the fluorocarbon polymer, develop bubbles as early as after about a year, which is prohibitive to radiation transmission.

After the DuPont company and later the Ausimont company brought new, highly transparent and extremely low refractive fluoropolymers onto the market (Teflon® AF, Hyflon® AD), it became possible to use totally reflective internal surfaces in liquid light conductors, whose refractive index is substantially lower than that of Teflon® FEP. As a result of this, the liquid light conductors with phosphate solutions achieve acceptable maximum aperture angles 2_α in the range of over 50°.

IDEM No. 02-03-096B PAGE 3

Since these new "amorphous" fluoropolymers from DuPont and Asimont, a Teflon® tube can be coated on the inside from the liquid phase, they also serve as a polishing agent for the internal surface of the extruded Teflon® tubes, so that, above all, for short-wave UV radiation, the reflection conditions can be improved.

In DE-OS 40 24 445 and 42 33 087 as well GP PS 2 248 312, there are described liquid light conductors that use Teflon® AF as their internal sheath surface. In DE-OS 40 24 445, it is mentioned that fluoride solutions such as, for example, KF in H₂O, are suitable for short-wave UV radiation. Fluoride solutions, however, have the disadvantage that the refractive indices of the solutions, which can be achieved and are practicable, do not lie substantially above the value of $n = 1.35 - 1.36$, and that these solutions furthermore dissolve the two quartz glass plugs with which the liquid conductors are sealed at each end. However, since these quartz plugs serve as optical windows, their optical transparency is affected by the dissolution of the polished glass surfaces.

The problem to be solved by this invention therefore consisted of finding a liquid out of the many light conductor liquids listed in the literature for the UVA and UVB range, which can even be used in the UVC range as a light conducting liquid.

In this regard, the following properties are necessary for the liquid:

1. The liquid should be transparent in the UVC range ($280 \text{ nm} \geq \lambda \geq 220 \text{ nm}$), and indeed with layer thicknesses of up to 2000 nm. In other words: the transparency in the UVC range should be as close as possible to that of the purest water.
2. The liquid for UVC light conductors should have a refractive index that is at least high enough that an optical aperture angle 2θ of about 50° can be reached. This value should be reached with a refractive index of the total reflecting sheath surface of $n = 1.29 - 1.325$. Only then are the bending losses of a light conductor with a typically 5 mm light active diameter still acceptable.
3. The liquid should not decay over long periods of time under constant radiation with a UVC light source (for example, a medium-pressure HG lamp), that is, the liquid must remain stable in the extremely photochemically active UVC range. This requirement is closely related to requirement 1. Organic liquids (with the exception of a few perfluorinated liquids whose refractive index is too low) are not photochemically stable in the UVC range and therefore are rejected as light conducting liquids in this spectral range.
4. The liquid light conductor filled with UVC liquid should withstand temperatures of at least -10°C without salt precipitation.
5. It would be desirable if the liquid was also physiologically benign, for market and safety reasons.

Of the many light conductor liquids mentioned in the literature for the UVA and UVB range, one single liquid has been shown to be suitable for the UVC range, namely an aqueous solution of NaM_2PO_4 .

To illustrate this, UV transmission measurements of various aqueous salt solutions were carried out, where the layer thickness was 10 cm, and for each salt solution a refractive index of $n = 1.335$ was set, that is, a value of only 2/1000 over that of H₂O. For these measurements, only substances of the highest degree of purity (super-pure) were used, including the solvent H₂O. The specific salts are taken from patent literature for UVB liquid light conductors. In this manner, it is possible to determine very precisely the absolute location of the UV absorption edge in each case, where impurities that are possibly still present in the ppm range are no longer in a position to make themselves noticeable in the location of the UV edge.

IDEM No. 02-03-096B PAGE 4

Fig. 1 shows the relative position of the UV decay edges of the salt solutions measured against each other, and also in relation to the UV absorption edge of purist water. Fig. 1 also shows that the salt solutions known from the UVA and UVB range can also be suitable for the UVC range, because their transparency in the range from 220 nm – 280 nm is approximately equally good.

However, it was determined that, with one exception, namely $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$, all other liquids have grave disadvantages.

Thus, the aqueous solutions of K_2HPO_4 (due to being strongly basic) and KF (due to the presence of HF), react with the surfaces of the quartz glass windows. As a result, after about one year, the optical windows become cloudy, which greatly reduces the transmission of the light conductors. Furthermore, highly concentrated solutions of KF have only low refractive indices (≤ 1.36) so that only insufficient angles of aperture can be achieved. In addition, they are physiologically objectionable.

Aqueous solutions of CaCl_2 are – as mentioned in the beginning – not photochemically stable in the UVC range. In a continuous irradiation experiment of a liquid light conductor based on $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ with an unfiltered 25-watt high-pressure Hg lamp, the transmission of the light conductor at $\lambda = 250$ nm (T_{250}) drops already after 45 hours from originally 57% to 1% (see Table 1a).

The above-mentioned salt solutions based on phosphates, namely K_2PO_4 , KH_2PO_4 and NaH_2PO_4 , also fail to meet the criteria set. The solubility of KH_2PO_4 and NaH_2PO_4 in H_2O are so slight that almost no usable refractive indices can be achieved. Furthermore, aqueous of K_2PO_4 are even more basic than solutions of KH_2PO_4 , so that in this case as well the optical quartz glass windows are dissolved.

From the many salt solutions described, there remains therefore only the aqueous solution of NaH_2PO_4 . Surprisingly, it was noted that this solution of NaH_2PO_4 meets all criteria 1-5 in a satisfactory manner. Furthermore, the transparency is optimal in comparison to the solutions c-3 of Fig. 1.

An aperture angle of at least 50° can be achieved with their NaH_2PO_4 , since a refractive index in the range of $n = 1.38$ - 1.39 can be adjusted. Such a solution also remains stable at -10°C , that is, no salt precipitation takes place. Further, the NaH_2PO_4 solution is photochemically stable in the UVC range. A long-term irradiation experiment of a liquid light conductor with the $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$ solution ($n = 1.38$) with 25-watt UVC light source of up to 336 hours showed a constant transmission of approximately 65% at the test wave length $\lambda = 250$ nm (see Table 1b).

Furthermore, the solution is physiologically benign and since it reacts as acid ($\text{pH} = 4$ - 5), the quartz glass windows are not attacked.

Fig. 2 shows the optical transmission graph of a UVC liquid light conductor with 1000 mm length and a light active core of 5 mm diameter consisting of a Teflon® FEP tube (inside $\varnothing = 5$ mm, outside $\varnothing = 6$ mm), filled with an aqueous NaH_2PO_4 solution ($n = 1.38$). The FEP tube is coated on its inner surface with a 3 μ thick Teflon® AF 1600 coating ($n = 1.31$). The light conductor is sealed at both ends with cylindrical SiO_2 windows. The incoming measuring beam has a divergence of 25° . The dotted line curve in Fig. 2 shows, for comparison purposes, the transmission of a quartz fiber bundled UVC light conductor with the same dimensions and under the same measurement conditions. The clear superiority of the UVC liquid light conductor is recognized.

The only disadvantage that the liquid light conductor with the NaH_2PO_4 solution shows consists of the fact that the partial water vapor pressure of the solution with $n = 1.38$ - 1.39 corresponds to a relative humidity of approximately 80%. At an ambient relative humidity of normally around 60%, there is a diffusion even if it is very slow of H_2O vapor through the wall of the Teflon® FEP tube into the atmosphere. As a result of this diffusion of water vapor through the permeable plastic wall, bubbles arise in the UVC light conductor, in accordance with the invention, after 9-12 months, resulting in a rapid

IDEM No. 02-03-096B PAGE 5

decrease in transmission. This diffusion of H_2O vapor through the tube wall of the light conductor can be slowed if the wall thickness of the Teflon® FEP tube, which is usually, for reasons of flexibility, between 3/10 mm and 5/10 mm, to more than double. The bubble-free lifetime of the light conductor would then be increased in proportion to the thickening of the wall of the Teflon tube. In any event, the reduction in flexibility of the light conductor must be accepted.

An alternative for the increasing of the lifetime of the UVC light conductor with NaH_2PO_4 solution consists of producing the light conductor in a concentric arrangement of two Teflon tubes where, in the space between the two tubes, which can only be a few tenths of a millimeter, water or an aqueous solution is placed whose partial water vapor pressure is greater than that of the light conducting NaH_2PO_4 solution in the interior of the Teflon tube. Such an arrangement is represented in Fig. 3. The NaH_2PO_4 solution 1 is located in the interior of the FEP tube 3, which is sealed on both ends by cylindrical quartz glass plugs 2a, 2b. The FEP tube 3 has typical measurements: 5mm inside Ø, 6 mm outside Ø.

Concentric with the FEP tube 3, a second FEP tube 4 is placed which, for example, has the measurements 6.4 inside Ø, 7.4 outside Ø, and is therefore thinner walled than the inner FEP tube 3 and forms an intermediate space 5 of, on the average, 2/10 mm. Both the outer tube 4 and the inner tube 3 are pressed with a single o-ring seal 6a, 6b with the sealing windows 2a, 2b to seal them against liquid leakage. Instead of the o-rings 6a, 6b, metal crimping shells can be used, where a crimping tool and a single crimping shell are used to compress both tubes 3 and 4 simultaneously with the windows 2a or 2b. In the space 5 between the two tubes 3 and 4, there is water or an aqueous solution, whose partial water vapor pressure is greater than that of the light conducting NaH_2PO_4 solution. The inner FEP tube 3 is coated on its inner surface, in a manner not shown here, with a Teflon® AF coating approximately 3 µ thick, or a coating of another highly transparent perfluorinated material whose refractive index is less than 1.33, as, for example, Hyflon® AD.

It is important for the increase in the lifetime of the NaH_2PO_4 UVC light conductor to a period of 5-10 years, even in countries with low humidity (California), that not only the inner tube 3 consists of a fluorocarbon polymer such as Teflon® FEP, Hyflon® MFA or THV (3M), but also the outer tube 4, because among flexible plastic tubes, as are required for liquid light conductors, those made of fluorocarbon polymers have the lowest permeability to water vapor. The tube 4 can have a wall thickness that is only 2/10 – 5/10 mm because the water layer in the space between the tubes 3 and 4 may be allowed to form bubbles. The effect of the concentric tube arrangement still occurs if the space between tubes 3 and 4 is only partially filled with water. Furthermore, a thinner walled tube compared to tube 3 affects the flexibility of the light conductor only insubstantially. In order to verify the effectiveness of the double Teflon tube arrangement, the following experiment was done:

A UVC light conductor of the following design

Inner tube 3: Teflon® FEP; inside Ø 5 x outside Ø 6, x 3000

Filling 1: NaH_2PO_4 in H_2O , $n = 1.38$

Outer tube 4: Teflon® FEP; inside Ø 6.4 x outside Ø 7.0 x 3000

Liquid between tubes 3 and 4: H_2O

was maintained in a continuous experiment in a heating furnace at 50°C. Similarly, a control light conductor treated with identical inner tube 3 and identical filling 1, but without the outer tube 4 and therefore also without the water layer 5. While the double tube light conductor showed no bubble formation and therefore constant transmission, bubbles which rapidly became larger appeared in the control conductor already after two weeks.

IDEM No. 02-03-096B PAGE 6

Since in the heat test thus described the water vapor diffusion processes were substantially accelerated, this test makes possible permissible extrapolation of the lifetime duration of the UVC light conductor, in accordance with the invention, to several years under normal environmental conditions.

The production of the double tube light conductor with an H₂O intermediate layer in accordance with the invention takes place as follows:

First step: The outer tube 4, which may have any length whatever, is force filled with H₂O and sealed at one end.

Second step: The inner core of the light conductor consisting of tube 3, light conducting liquid 1 and the windows 2a and 2b is manufactured in the conventional manner.

Third step: The inner core is pushed into the H₂O-filled outer tube 4 until the point of binding between the two tube ends, with water being forced out of tube 4.

Fourth step: At the binding point, the first seal in the form of an o-ring clamp or a crimping shell is applied, so that the two concentric tubes are pressed together on one end together with the light conductor windows.

Fifth step: Tube 4 is cut off approximately even with the second light conductor window or the end of tube 3.

Sixth step: The second seal can now be carried out analogous to the first. The intermediate layer 5, which is almost completely filled with H₂O, appears automatically without difficulties on the basis of this procedure.

Patent Claims

1. Liquid light conductor for the UVC range of 220 nm to 280 nm, including a Teflon® FEP or a Hyflon® MFA light conductor tube (3), which is coated on its inside with a fluoropolymer, where the coating thickness is greater than 1 μ and the refractive index of the coating material is below 1.333, characterized in that, an aqueous solution of NaH₂PO₄ is used as light conducting liquid (1).
2. Liquid light conductor according to Claim 1, characterized in that the light conducting liquid (1) has a refractive index of below 1.40.
3. Liquid light conductor according to Claim 2, characterized in that the aqueous solution has a concentration of 2.5 to 6.5 mol/l NaH₂PO₄.
4. Liquid light conductor according to one of the Claims 1 through 3, characterized in that a light conductor tube (3) is sheathed, and that between the sheath (4) and the light conductor tube (3) water (5) or an aqueous solution (5) is located, whose partial water vapor pressure is greater than or equal to that of the light conducting NaH₂PO₄ solution.
5. Liquid light conductor according to Claim 4, characterized in that the inside diameter of the sheath (4) is a maximum of 1 mm, preferably not more than 0.5 mm, greater than the outside diameter of the light conductor tube (3), and that the sheath (4) is also a tube that is arranged concentrically around the light conductor tube (3).
6. Liquid light conductor according to one of the Claims 4 or 5, characterized in that the sheath tube (4) contains or consists of a fluoropolymer.
7. Liquid light conductor according to Claim 6, characterized in that the sheath tube (4) consists of Teflon® FEP, Teflon® PTFE, Hyflon® MFA, Teflon® PFA, Teflon® PCTFE, Teflon® ETFE, THV (3M) or a fluoroplastomer.

IDEM No. 02-03-096B PAGE 7

8. Liquid light conductor according to one of the Claims 5, 6 or 7, characterized in that the wall thickness of the sheathing tube (4) is less than the wall thickness of the light conductor tube (3).
9. Liquid light conductor according to one of the Claims 4 through 8, characterized in that the light conductor tube (3) is pressed together with the sheath tube (4) with a single crimping shell or a single o-ring seal (6a, 6b) with the cylindrical quartz windows (2a, 2b) of the light conductor.
10. Liquid light conductor according to one of the Claims 1 through 3, characterized in that the wall thickness of the light conductor tube (3) is at least 0.75 mm and that it is not sheathed.
11. The use of an aqueous NaH_2PO_4 solution with a refractive index below 1.4 and/or a concentration of 2.5 through 6.5 mol/l as light conducting liquid in a UVC light conductor in the wave length range of 220 nm through 280 nm.
12. Process for the production of a UVC liquid light conductor according to one of the Claims 4 through 9, characterized in that
 - a) the inner light conductor tube (3) is filled with the aqueous NaH_2PO_4 solution (1) and sealed on both ends with quartz plugs (2a, 2b);
 - b) the outer sheath tube (4) is sealed on one end and filled with water or an aqueous solution;
 - c) the inner light conductor tube (3) is inserted into the outer sheath (4) filled with water or solution until it binds while forcing water or solution from the outer sheath tube (4);
 - d) at the point of binding, a first seal in the form of an o-ring (6a, 6b) or a crimping shell is applied, so that both concentric tube ends are pressed together with the first light conductor window;
 - e) the outer sheath tube (4) is cut off approximately even with the second light conductor window and the second seal is applied analogously to the first seal.

4 pages of drawings attached

IDEM No. 02-03-096B PAGE 8

[Captions to the drawings:]

Fig. 1

[vertical:] Transmission of the 10 cm vessel [%]

[in the body:] Lsg. = solution
Refractive index of each solution $n = 1.335$

[at bottom:] Wave length [nm]

Fig. 2

[vertical:] Transmission [%]

[in the body:] a) UVC light conductor with NaH_2PO_4 solution $\varnothing 5 \times 1000$ mm
b) Conventional quartz fiber bundle $\varnothing 5 \times 1000$ mm

[at bottom:] Wave length [nm]

Fig. 3

[no callouts]

Table 1
Light conductor continuous test on a 25 W UVC light source "Q25 Heraeus"

a) CaCl_2 solution pH 8	
Time	T_{250}
0 hr	57%
5 hr	40%
21 hr	18%
45 hr	1%

b) NaH_2PO_4 solution	
Time	T_{250}
0 hr	64%
24 hr	67%
144 hr	65%
336 hr	66%